

Демидов Сергей Федорович

канд. техн. наук, доцент

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный

исследовательский университет

информационных технологий, механики и оптики»

г. Санкт-Петербург

Беляева Светлана Сергеевна

канд. техн. наук, преподаватель

Техникум пищевой промышленности

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный

экономический университет»

г. Санкт-Петербург

Пелевина Лидия Федоровна

директор

Техникум пищевой промышленности

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный

экономический университет»

г. Санкт-Петербург

Никифорова Наталья Сергеевна

заместитель директора

Техникум пищевой промышленности

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный

экономический университет»

г. Санкт-Петербург

КИНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССА СУШКИ

ПАНИРОВОЧНОЙ ХЛЕБНОЙ КРОШКИ

ИНФРАКРАСНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Аннотация: в данной статье авторами доказывается, что инфракрасная сушка измельченной хлебной крошки позволяет использовать ее в качестве панировки для штучных мясных и рыбных изделий.

Ключевые слова: сушка, инфракрасное излучение, хлебная крошка, панировка, плотность теплового потока.

Панировочные хлебные крошки производят из белого свежего хлеба. Его лишают корок и мелко перетирают. Сухая панировочная крошка бывает белого или насыщенного желтого цвета. Используются они в качестве панировки для рыбы, мяса, различных овощей, штучных мясных и рыбных изделий (котлет, зраз, рыбных палочек, бургеров и т. д.). Панировка позволяет улучшить внешний вид готового продукта, сформировать красивую корочку со всех сторон, сохранить аромат, вкус и сочность изделия. Для нежирного мяса, рыбы и птицы рекомендуется использовать панировку, приготовленную из высушенного белого хлеба. При добавлении небольшого количества прожаренного грецкого ореха, тщательно размолотого, блюдо приобретает особые вкусовые качества. Жирное мясо требует использования панировки, приготовленной из чёрствого чёрного хлеба. Для улучшения вкуса рекомендуется добавить толчёные нежареные семечки тыквы и сушёный чеснок.

Цель работы – исследовать зависимость времени процесса сушки панировочной белой хлебной крошки на тефлоновой ленте инфракрасным излучением с выделенной длиной волны 1,5–3,0 мкм до конечной влажности 11% от толщины слоя продукта, плотности теплового потока, расстояния от ИК – излучателя до слоя продукта и начальной влажности продукта.

Экспериментальные исследования проводились по плану полного факторного эксперимента [1] на четырёх уровнях типа 2^4 (табл. 1) на лабораторной установке [2–4], на которой в качестве источника излучения использовались линейные кварцевые излучатели с керамической функциональной оболочкой [4].

Значение уровней изучаемых факторов ПФЭ
при сушке панировочной белой хлебной крошки

Факторы в явном виде	Наименования факторов	Уровни эксперимента		
		+1	0	-1
Z1	Плотность теплового потока ИК-излучения, кВт/м ²	8,11	6,7	5,28
Z2	Начальная влажность панировочной белой хлебной крошки, %	22,5	24	25,5
Z3	Высота слоя панировочной хлебной крошки на тефлоновой ленте, мм	10	7,5	5
Z	Расстояние от ИК-излучателя до слоя хлебной крошки, мм	65	55	45

ИК-излучатели с отражателями установлены сверху относительно поддона с подложкой из тефлона. Для регулировки плотности теплового потока, падающего на белую хлебную крошку, менялись и замерялись значения сопротивления нихромовой спирали ИК-излучателя. Для измерения изменения массы панировочной хлебной крошки с эквивалентным диаметром 2мм в течение процесса сушки применялись аналитические весы GF-600. Для измерения влагосодержания панировочной хлебной крошки применялся анализатор влажности ЭЛВИЗ-2. Для снятия температурных полей продукта в центре слоя и на подложке использовался многоканальный измеритель теплопроводности ИТ-ХА94, с диаметром проволоки 2,5·10–4 м. Измерение температуры поверхности облучаемого материала производилось при помощи дистанционного неконтактного инфракрасного термометра Raytek MiniTemp MT6.

Белый хлеб, измельчённый с помощью блендера BOSCH, с эквивалентным диаметром 2 мм и влажностью от 22,5 до 25,5%, подвергался инфракрасной обработке при переменных значениях факторов. Было получено уравнение регрессии в явном виде:

$$\begin{aligned} \bar{y} = & 1810,2 - 319,5 Z_1 - 85,6 Z_2 - 529,6 Z_3 - 70,6 Z_4 + 13 Z_1 Z_2 + 69 Z_1 Z_2 \\ & + 26 Z_2 Z_3 - 3,2 Z_1 Z_2 Z_3 \end{aligned} \quad (1)$$

На рисунках 1–4 представлены кинетические и температурные зависимости процесса сушки инфракрасным излучением панировочной хлебной крошки с эквивалентным диаметром 2 мм в зависимости от параметров проведения процесса.

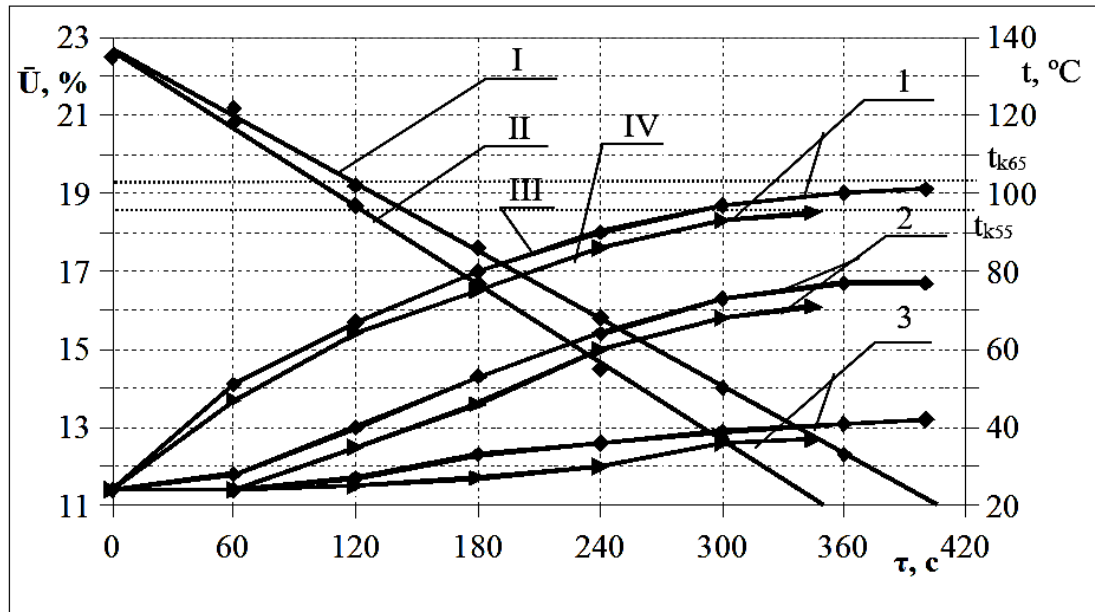


Рис. 1. Кинетические и температурные зависимости процесса сушки инфракрасным излучением слоя панировочной хлебной крошки с эквивалентным диаметром 2 мм, толщиной 5 мм и влажностью 22,5% при плотности теплового потока инфракрасного излучения 5,28 кВт/м²: I – $\bar{U} = \bar{U}(\tau)$, расстояние от слоя продукта до ИК-излучателя 65 мм; II – $\bar{U} = \bar{U}(\tau)$, расстояние от слоя продукта до ИК-излучателя 55 мм; III – $t = t(\tau)$, расстояние от слоя продукта до ИК-излучателя 65 мм: 1 – на поверхности слоя продукта; 2 – в центре слоя; 3 – на подложке; IV – $t = t(\tau)$, расстояние от слоя продукта до ИК-излучателя 55 мм: 1 – на поверхности слоя продукта; 2 – в центре слоя; 3 – на подложке.

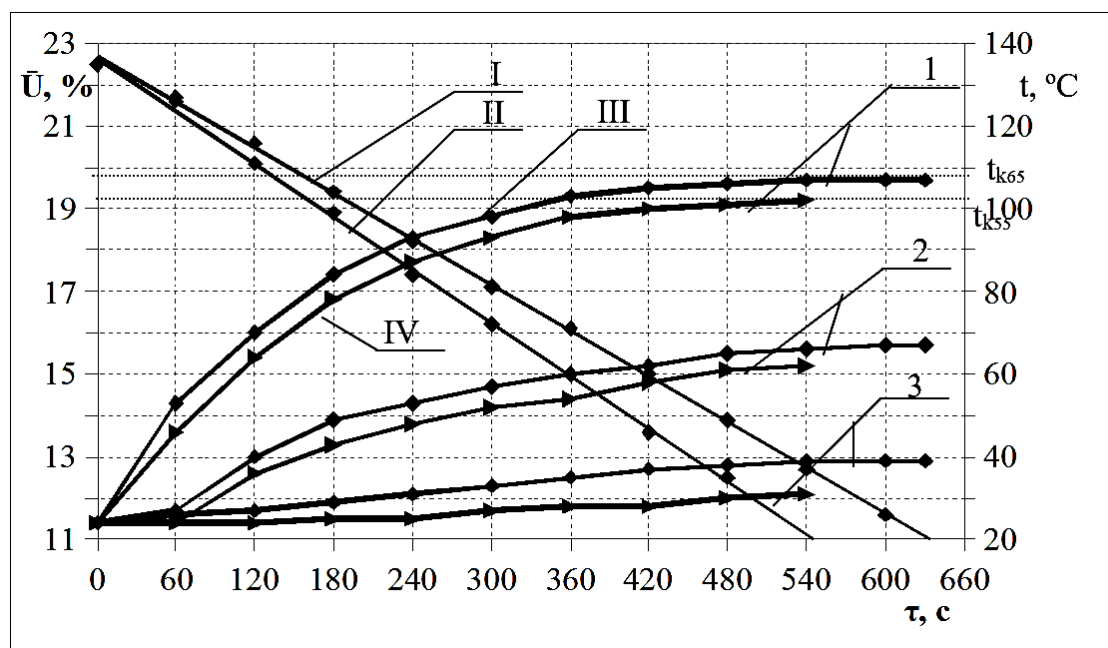


Рис. 2. Кинетические и температурные закономерности процесса сушки инфракрасным излучением слоя панировочной хлебной крошки с эквивалентным диаметром 2 мм, толщиной 10 мм и влажностью 22,5% при плотности теплового потока 5,28 кВт/м²: I – $\bar{U} = \bar{U}(\tau)$, расстояние от слоя продукта до ИК-излучателя 65 мм; II – $\bar{U} = \bar{U}(\tau)$, расстояние от слоя продукта до ИК-излучателя 55 мм; III – $t = t(\tau)$, расстояние от слоя продукта до ИК-излучателя 65 мм: 1 – на поверхности слоя продукта; 2 – в центре слоя; 3 – на подложке; IV – $t = t(\tau)$, расстояние от слоя продукта до ИК-излучателя 55 мм: 1 – на поверхности слоя продукта; 2 – в центре слоя; 3 – на подложке.

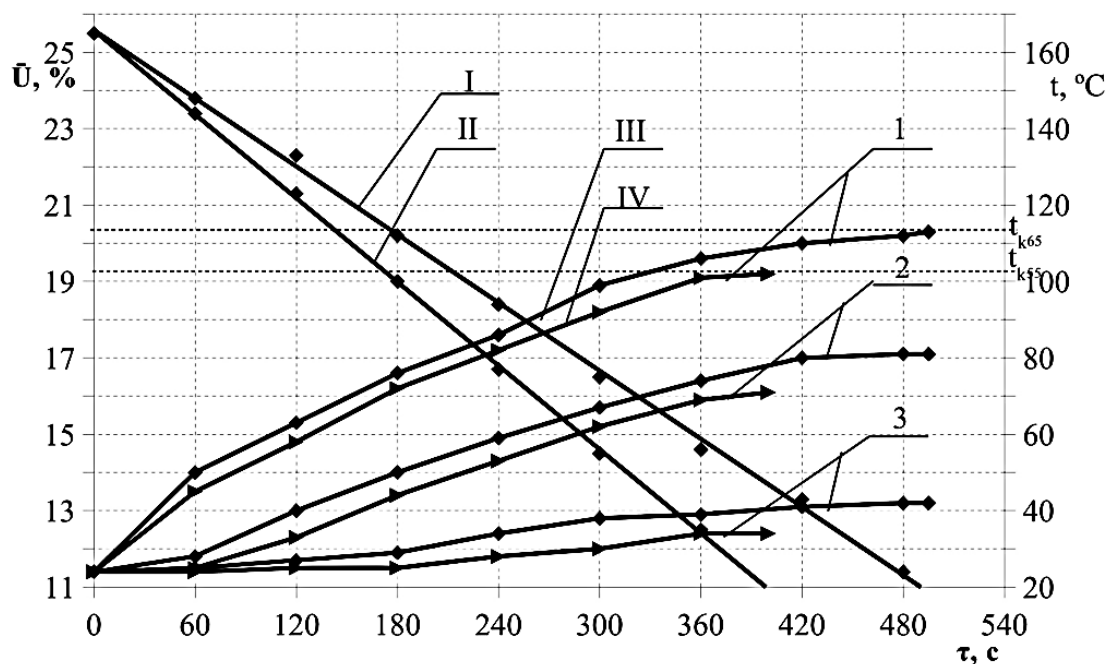


Рис. 3. Кинетические и температурные закономерности процесса сушки инфракрасным излучением слоя панировочной хлебной крошки с эквивалентным диаметром 2 мм, толщиной 5 мм и влажностью 25,5% при плотности теплового потока 5,28 кВт/м²: I – $\bar{U} = \bar{U}(\tau)$, расстояние от слоя продукта до ИК-излучателя 65 мм; II – $\bar{U} = \bar{U}(\tau)$, расстояние от слоя продукта до ИК-излучателя 55 мм; III – $t = t(\tau)$, расстояние от слоя продукта до ИК-излучателя 65 мм: 1 – на поверхности слоя продукта; 2 – в центре слоя; 3 – на подложке; IV – $t = t(\tau)$, расстояние от слоя продукта до ИК-излучателя 55 мм: 1 – на поверхности слоя продукта; 2 – в центре слоя; 3 – на подложке.

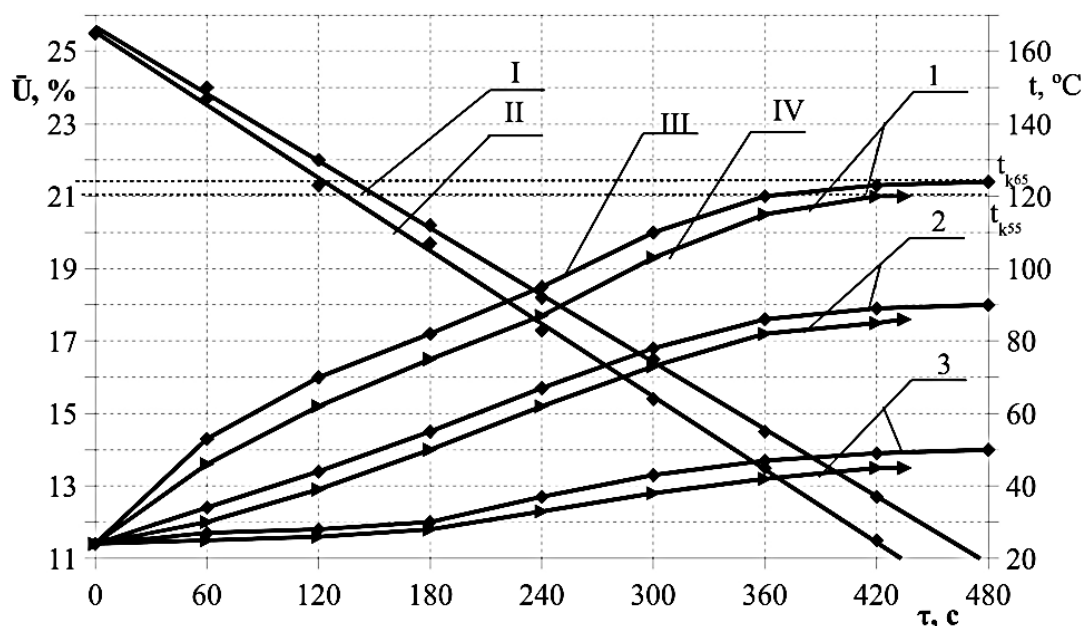


Рис. 4. Кинетические и температурные закономерности процесса сушки инфракрасным излучением слоя панировочной хлебной крошки с эквивалентным диаметром 2 мм, толщиной 10 мм и влажностью 25,5% при плотности теплового потока 8,11 кВт/м²: I – $\bar{U} = \bar{U}(\tau)$, расстояние от слоя продукта до ИК-излучателя 65 мм; II – $\bar{U} = \bar{U}(\tau)$, расстояние от слоя продукта до ИК-излучателя 55 мм; III – $t = t(\tau)$, расстояние от слоя продукта до ИК-излучателя 65 мм: 1 – на поверхности слоя продукта; 2- в центре слоя; 3- на подложке; IV – $t = t(\tau)$, расстояние от слоя продукта до ИК-излучателя 55 мм: 1 – на поверхности слоя продукта; 2 – в центре слоя; 3 – на подложке.

Найдены оптимальные параметры проведения процесса сушки хлебной крошки инфракрасным излучением выделенной длины волны для разработки установки транспортерного вида с тефлоновой лентой и инфракрасными излучателями выделенной длины волны 1,5–3,0 мкм.

Список литературы

1. Ахназарова С.Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технике: Учеб. пособие для химико-технологических вузов / С.Л. Ахназарова, В.В. Кафаров. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. школа, 1985. – 327 с.
2. Беляева С.С. Оптимизация процесса инфракрасной сушки с электроподводом зародышей пшеничных / С.С. Беляева, С.Ф. Демидов,

Б.А. Вороненко // Инновационные пищевые технологии в области хранения и переработки сельскохозяйственного сырья: Сб. материалов международной научно-практической конференции. – Краснодар: РАСН ГНУ КНИИХЛ, 2012. – С. 219–222.

3. Демидов А.С. Сушка семян подсолнечника инфракрасным излучением / А.С. Демидов, Б.А. Вороненко, С.Ф. Демидов // Новые технологии. – 2011. – Вып. 3. – С. 25–30.

4. Демидов С.Ф. Источники инфракрасного излучения с электроподводом для термообработки пищевых продуктов / С.Ф. Демидов [и др.] // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств (электронный журнал); ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий». – 2011. – №1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.open-mechanics.com/journals>

5. Демидов С.Ф. Источники инфракрасного излучения с электроподводом для термообработки пищевых продуктов / С.Ф. Демидов, А.С. Демидов, С.С. Беляева // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2011. – №1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.open-mechanics.com/journals>